

様式 C-19

科学研究費補助金研究成果報告書

平成 22 年 4 月 30 日現在

研究種目：基盤研究 (C)
 研究期間：2007～2009
 課題番号：19560472
 研究課題名（和文） 強震及び常時微動高密度観測に基づく
 福井平野の三次元地盤構造の構築と地震動予測
 研究課題名（英文） Estimation of the 3-dimensional under ground structure of
 the Fukui Plain Based on the densely observed ground vibration
 研究代表者
 小嶋 啓介 (KOJIMA KEISUKE)
 福井大学・大学院工学研究科・教授
 研究者番号：40205381

研究成果の概要（和文）：

本研究では、強震および常時微動観測に基づいて、福井県の主要都市周辺の精度と信頼性の高い三次元地盤構造を求めることを目的としている。はじめに、常時微動が表面波に起因していると仮定し、微動観測データを再現できる S 波速度構造の推定法の定式化を行った。次いで福井県内の平野ならびに既存断層周辺で、常時微動の一点三成分観測およびアレイ観測を高密度に実施し S 波速度構造の推定を行い、対象領域の三次元地盤構造を算出した。

研究成果の概要（英文）：

The problems analyzed in this study are estimations of 3D Quaternary configuration of the Plains in Fukui Prefecture by using the data from microtremor observations. Firstly, by assuming that the observed microtremors were composed by surface waves, we formulated the inversion of the S-wave velocity structure of array sites as an optimization problem based on both the observed dispersion curve and H/V spectrum. Next, microtremor observations have been conducted at many sites in order to determine the S-wave velocity structure of the Plains in Fukui prefecture. The validity of the estimated structure was confirmed by comparing with the inverted structure of gravity anomaly observation and with the existing deep well data.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合 計
2007 年度	2,000,000	600,000	2,600,000
2008 年度	900,000	270,000	1,170,000
2009 年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
総 計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学・構造工学・地震工学・維持管理工学

キーワード：福井平野，常時微動，S 波速度構造，同定

1. 研究開始当初の背景

福井県は新潟－神戸ひずみ集中帯が横切り、断層分布および地盤条件など地震防災上非常に危険な条件が揃っているにもかかわらず、福井、敦賀を含む主要都市の地盤構造の解明はほとんど進んでいない。さらに、近年の強震観測から、鯖江市周辺に地震空白域が指摘されていることに加え、同空白域に位置する鯖江断層の活動度が従来の認識よりも格段に高いとの調査結果も発表されている。また、現在の福井県地震防災計画は、少数の地盤調査データならびに微地形などから推定された曖昧な地盤モデルに基づく信頼性の低い地震被害予測に基づいて検討されており、地震防災面で問題が大きい。したがって、福井地域の精密で信頼性の高い地盤構造の解明が急務であるといえる。

2. 研究の目的

本研究では、福井平野に展開した観測サイトの強震観測データ、平野全体で高密度に実施する常時微動の1点3成分ならびにアレイ観測情報に基づいて、各観測点直下の層厚、S波速度および減衰定数の同定を行うとともに、標高、微地形などの既存情報との相関性を利用した地盤統計手法を用いて、観測サイトごとの同定結果を統合して、分解能が高くかつ信頼性が高い福井平野および周辺地域の3次元地盤構造モデルの構築を目的とする。

3. 研究の方法

福井平野周辺に独自に展開し観測を継続して蓄積している強震観測データを利用して、震源、伝播および地盤増幅特性を分離する方法を定式化・適用し、観測点直下の地盤増幅特性および福井県周辺の基盤岩の伝播減衰特性を求める。3成分速度計を用いた常時微動のアレイ観測から、Rayleigh波およびLove波の位相速度ならびにH/Vスペクトルを求め、それらをターゲットとする逆解析を行うことにより、観測点直下のS波速度および層厚を求める方法を定式化した。またアレイ観測を補完するために、一点3成分観測を高密度に実施し、H/Vスペクトルを求め、ピーク周期を読み取るとともに、H/VスペクトルをターゲットとするS波速度構造の同定解析を実施した。さらに、H/Vスペクトルから盤の固有周期を算出し、4分の1波長則を適用することにより第四紀層深度を推定した。以上の諸方法に基づく推定構造をサンプルデータとし、地盤統計手法を適用し、福井平野および敦賀平野の3次元地盤構造を求めた。推定

構造の妥当性を検証するために、重力異常に基づく密度構造および、既存の弾性波探査や深井戸ボーリング情報との比較検証を行った。

4. 研究成果

(1) 福井平野に設置した強震観測データと、観測点直下の推定S波速度構造を用い、従来までほとんど評価されていなかった福井県周辺の岩盤の伝播減衰特性が次式で近似できることを示した。

$$Q_s = 81 \cdot f^{0.86} \quad (\text{火山帯通過})$$

$$Q_s = 91 \cdot f^{0.87} \quad (\text{火山帯不通過})$$

(2) アレイ観測と3成分観測から求められる表面波の位相速度とH/Vスペクトルをターゲットする地盤構造同定法は、それぞれを単独で用いる従来の方法に比べ、広い周波数範囲にわたり強い拘束条件を与えることになり、精度の高いS波速度構造の推定が可能となることを示した。また、H/VスペクトルのみでもS波速度構造の推定ができることを示した。これにより、アレイ+3成分観測を行う地点を基準点とし、3成分観測のみを行う点を補間点とすることにより、精度と信頼性の高い地域の地盤構造が効率的に求められることを示した。

(3) 原子力発電所が近接し、重要港湾と交通結節点が集中する敦賀平野を対象とし、常時微動のアレイ観測と3成分観測を行い、Rayleigh波位相速度およびH/Vスペクトルを求め、これらをターゲットとするS波速度構造の同定を行うとともに、地盤統計手法を適用し、敦賀平野の3次元地盤構造を求めた。

(4) 福井地震断層および鯖江断層に直交する複数の探査測線ととり、常時微動の一点3成分観測、アレイ観測ならびに、重力異常観測を行った。H/VスペクトルならびにRayleigh波の位相速度を算出するとともに、そのインバージョンにより、S波速度構造の推定を行った。推定された地盤モデルと既存ボーリング、P波反射断面、PS検層などの既存資料との比較を行い、各手法で求められた動的地盤構造が、互いに矛盾がないことを確認した。また、推定された地盤構造では、断層を境とする堆積層の食い違い量が深層ほど大きく、第四紀後期を通じた継続的な断層活動を示唆する結果が得られた。さらに鯖江断層については、トレンチ調査も実施し、断層を確認するとともに、放射性年代測定を行い、活動履歴を明らかにした。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 11 件)

- 1) 小嶋啓介, 山本博文, 野口竜也, 岡本拓夫, 中谷英治, 本 耕大
Estimation of underground structure around the Sabae fault based on microtremor observation, 査読有, Proc. of the Int. Symp. on Geo-informatics and Zoning for Hazard Mapping, 2009, 285-290.
- 2) 小嶋啓介, 野口竜也
Estimation of S-wave velocity structure of vertical section orthogonal to the Fukui earthquake fault based on microtremor observation, 査読有, Proc. of the Int. Conf. on Performance-based Design in Earthquake Geotechnical Engineering, 2009, 1325-1331.
- 3) 足立正夫, 野口竜也, 小村紘平, 西田良平
出雲平野および松江平野の深部地盤構造, 土木学会地震工学論文集, 査読有, Vo.30, 2009, 97-103.
- 4) 安井 謙, 野口竜也, 橋本勇一, 中谷英史, 香川敬生
微動 H/V と重力探査による福井平野の地下構造推定, 土木学会地震工学論文集, 査読有, Vo.30, 2009, 75-81
- 5) 小嶋啓介, 野口竜也, 佐藤毅, 黒田貴紀
常時微動観測に基づく敦賀平野の S 波速度構造の推定, 査読有, 自然災害科学, Vol.27, No.1, 2008, 85-96.
- 6) Tatsuya Noguchi, Masanori Nishihara, Itaru Ohata and Ryohei Nishida
Relationship between seismic ground motion and subsurface structure by analysis of instrumental seismic intensity in Tottori Prefecture, Southwest Japan, Proc. of The 14th WCEE, 査読有, 2008.
- 7) M.Adachi, T.Noguchi, R.Nishida, I.Ohata, T.Yamashita and Kouhei Omura
Determination of Subsurface Structure of Izumo Plain, Southwest Japan using Microtremors and Gravity anomalies, Proc. of The 14th WCEE, 査読有, 2008.
- 8) 小嶋啓介
強震および常時微動観測に基づく福井平野の地下構造の推定, 月刊地球, 査読無, Vol.30, No.9, 2008, 453-460.
- 9) 山本博文, 岡本拓夫, 小嶋啓介, 木下克美, 江戸信吾
鯖江断層の地形的特徴とトレンチ調査 月刊地球, 査読無, Vol.30, No.10, 2009, 489-496.
- 10) 野口竜也, 西原正典, 西田良平
計測震度の分析による鳥取県の地盤震動

特性, 査読有, 第 29 回土木学会地震工学論文集, No.206, 2007. CD-ROM.

- 11) 小嶋啓介, 越野智博
福井地震断層周辺における常時微動観測, 日本海地域の自然と環境, 査読無 第 14 号, 2007, 47-58.

〔学会発表〕(計 9 件)

- 1) 小嶋啓介, 下野幸宏
常時微動のミニアレイ展開観測に基づく浅層 S 波速度構造の推定, 土木学会第 64 回年次学術講演会, I -319, pp.637-638, 2009 年 9 月 2 日, 福岡大学.
- 2) 本 耕大, 小嶋啓介
常時微動アレイ観測と地盤統計手法に基づく福井平野の三次元 S 波速度構造の推定, 木学会第 64 回年次学術講演会, I -321, pp.641-642, 2009 年 9 月 2 日, 福岡大学.
- 3) 小嶋啓介, 米村祐司
展開アレイ観測による三成分空間自己相関係数に基づく S 波速度構造の推定, 第 28 回日本自然災害学会学術講演会, pp.59-90, 2009 年 9 月 29 日, 京都大学.
- 4) 小嶋啓介, 松島祐介
強震観測情報に基づく福井県周辺の S 波速度構造と伝播減衰特性の推定, 土木学会第 63 回年次学術講演会, 2008 年 9 月 10 日, 東北大学.
- 5) 小嶋啓介, 原 利之
常時微動の 3 成分空間自己相関係数に基づく S 波速度構造の推定, 土木学会第 63 回年次学術講演会, 2008 年 9 月 10 日, 東北大学.
- 6) 小嶋啓介, 山本博文, 岡本拓夫
常時微動観測に基づく鯖江断層周辺の地盤構造の推定, 第 27 回日本自然災害学会学術講演会, 2008 年 9 月 24 日, 九州大学.
- 7) 小嶋啓介
福井地震断層周辺における常時微動観測, 土木学会第 62 回年次学術講演会, 2007 年 9 月 12 日, 広島大学.
- 8) 松島祐介, 小嶋啓介
強震観測に基づく福井平野の第四紀および第三紀構造の推定, 土木学会第 62 回年次学術講演会, 2007 年 9 月 12 日, 広島大学.
- 9) 小嶋啓介
鯖江断層周辺における常時微動観測, 第 26 回日本自然災害学会学術講演会, 2007 年 9 月 25 日, 北海道大学.

〔図書〕（計 0 件）

〔産業財産権〕

○出願状況（計 0 件）

名称：

発明者：

権利者：

種類：

番号：

出願年月日：

国内外の別：

○取得状況（計 0 件）

名称：

発明者：

権利者：

種類：

番号：

取得年月日：

国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

小嶋 啓介 (KOJIMA KEISUKE)

福井大学・工学研究科・教授

研究者番号：40205381

(2) 研究分担者

野口 竜也 (NOGUCHI TATSUYA)

鳥取大学・工学部・助教

研究者番号：20379655

(3) 連携研究者

該当無し